

PUBLICATION NUMBER : 07252592  
PUBLICATION DATE : 03-10-95

APPLICATION DATE : 15-03-94  
APPLICATION NUMBER : 06082185

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : WAKITA JUNICHI;

INT.CL. : C22C 38/00 C22C 38/06

TITLE : HOT ROLLED HIGH STRENGTH STEEL SHEET EXCELLENT IN FORMABILITY, LOW TEMPERATURE TOUGHNESS AND FATIGUE PROPERTY

ABSTRACT : PURPOSE: To stably produce a hot rolled high strength steel sheet excellent in formability, low temp. toughness and fatigue properties at a low cost.

CONSTITUTION: This steel sheet has a compsn. contg., as chemical components, by weight, 0.05 to <0.25% C, 0.5 to 3.5% Si+Al, 0.5 to 3.5% Mn,  $\leq 0.05\%$  P,  $\leq 0.01\%$  S and Fe as essential components, has a microstructure of three phases of ferrite, bainite and retained austenite as main phases, in which the content of ferrite having  $\geq 150$  Vickers hardness and  $\leq 5\mu\text{m}$  grain size is regulated to  $\geq 50\%$  and the content of retained austenite having  $\geq 0.9\%$  carbon concn. and  $\leq 2\mu\text{m}$  grain size is regulated to  $\geq 5\%$  and has characteristics of tensile strength (TS)=490 to 1180MPa, the balance of strength-ductility (tensile strength  $\mu$ total elongation) of  $\geq 20000$  (Mpa.%), the balance of strength-stretch flanging properties (tensile strength  $\times$  bore expanding ration  $\geq 75000$  (MPa.%), fracture appearance transition temp. of  $\leq -40^\circ\text{C}$  and fatigue limit ratio of  $\geq 0.45$ .

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-252592

(43) 公開日 平成7年(1995)10月3日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
C 2 2 C 38/00識別記号 庁内整理番号  
3 0 1 W  
A

F I

技術表示箇所

38/06

審査請求 未請求 請求項の数 2 書面 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-82185

(22) 出願日 平成6年(1994)3月15日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 河野 治

大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式  
会社大分製鐵所内

(72) 発明者 脇田 淳一

大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式  
会社大分製鐵所内

(74) 代理人 弁理士 茶野木 立夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 成形性、低温靱性及び疲労特性に優れた熱延高強度鋼板

(57) 【要約】

【目的】 成形性、低温靱性及び疲労特性に優れた熱延高強度鋼板を低コストかつ安定的に提供すること。

【構成】 化学成分としてC=0.05~0.25重量%未満、Si+Al=0.5~3.5重量%、Mn=0.5~3.5重量%、P≤0.05重量%、S≤0.01重量%及びFeを主成分として含み、ミクロ組織としてフェライト、ベイナイト、残留オーステナイトの3相を主相とし、ピッカース硬度が150以上かつ粒径が5μm以下のフェライトを50%以上、炭素濃度が0.9%以上かつ粒径が2μm以下の残留オーステナイトを5%以上含み、特性として引張強さ(TS)=490~1180MPa、強度-延性バランス(引張強さ×全伸び)≥20000(MPa・%)、強度-伸びフランジ性バランス(引張強さ×穴拡張比)≥75000(MPa・%)、破面遷移温度≤-40℃、疲労限度比≥0.45を具備することを特徴とする成形性、低温靱性及び疲労特性に優れた熱延高強度鋼板。

(2)

特開平7-252592

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 化学成分として

C = 0.05~0.25重量%未満、

Si + Al = 0.5~3.5重量%、

Mn = 0.5~3.5重量%、

P ≤ 0.05重量%、

S ≤ 0.01重量%

及びFeを主成分として含み、ミクロ組織としてフェライト、ベイナイト、残留オーステナイトの3相を主相とし、ピッカース硬度が150以上かつ粒径が5μm以下のフェライトを50%以上、炭素濃度が0.9%以上かつ粒径が2μm以下の残留オーステナイトを5%以上含み、特性として引張強さ(TS) = 490~1180MPa、強度-延性バランス(引張強さ×全伸び) ≥ 20000(MPa・%)、強度-伸びフランジ性バランス(引張強さ×穴拡げ比) ≥ 75000(MPa・%)、破面遷移温度 ≤ -40℃、疲労限度比 ≥ 0.45を具備することを特徴とする成形性、低温靱性及び疲労特性に優れた熱延高強度鋼板。

【請求項2】 Ca = 0.0005~0.01重量%又はREM = 0.005~0.05重量%を含むことを特徴とする請求項1記載の成形性、低温靱性及び疲労特性に優れた熱延高強度鋼板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は自動車、産業用機械等に使用することを企図した優れた成形性(強度-延性バランス、強度-伸びフランジ性バランス)、優れた低温靱性及び優れた疲労特性を合わせ持つ熱延高強度鋼板に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 自動車用鋼板の軽量化と衝突時の安全確保を主な背景として、高強度鋼板の需要が増大している。しかし、高強度鋼板といえども、その成形性に対する要求は厳しく、優れた成形性を有する高強度鋼板が望まれている。さらに高強度化に伴う低温靱性の劣化、軽量化(板厚減少)による疲労強度不足が顕在化してきており、優れた成形性のみならず、優れた低温靱性及び優れた疲労強度をも兼ね備えた高強度鋼板が強く望まれている。しかしながら、従来技術では上記特性を十分満足するものが得られていないのが実状である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は上記問題を解決すべく、優れた成形性(強度-延性バランス、強度-伸びフランジ性バランス)、優れた低温靱性及び優れた疲労特性を合わせ持つ熱延高強度鋼板を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記した課題を達成するため、以上に示す構成を手段とする。

2

(1) 化学成分としてC = 0.05~0.25重量%未満、Si + Al = 0.5~3.5重量%、Mn = 0.5~3.5重量%、P = 0.05重量%、S ≤ 0.01重量%及びFeを主成分として含み、ミクロ組織としてフェライト、ベイナイト、残留オーステナイトの3相を主相とし、ピッカース硬度が150以上かつ粒径が5μm以下のフェライトを50%以上、炭素濃度が0.9%以上かつ粒径が2μm以下の残留オーステナイトを5%以上含み、特性として、引張強さ(TS) = 490~1180MPa、強度-延性バランス(引張強さ×全伸び) ≥ 20000(MPa・%)、強度-伸びフランジ性バランス(引張強さ×穴拡げ比) ≥ 75000(MPa・%)、破面遷移温度 ≤ -40℃、疲労限度比 ≥ 0.45を具備することを特徴とする成形性、低温靱性及び疲労特性に優れた熱延高強度鋼板。

(2) Ca = 0.0005~0.01重量%又はREM = 0.005~0.05重量%を含むことを特徴とする

(1)記載の成形性、低温靱性及び疲労特性に優れた熱延高強度鋼板。

【0005】

【作用】 本発明者らは種々の実験検討を重ねた結果、硬さ・粒径を制御したフェライト・マトリックス中にC濃度・粒径を制御した残留オーステナイトとベイナイトを適量分散させることにより、従来技術が持つ問題点を解消し、優れた成形性(強度-延性バランス、強度-伸びフランジ性バランス)、優れた低温靱性及び優れた疲労特性を同時に達成できることを見だし、本発明に到ったのである。以下にその要旨を述べる。まず、本発明の鋼板ミクロ組織について詳述する。鋼板ミクロ組織は主にフェライト、ベイナイト、残留オーステナイトの3相で構成される。マルテンサイト、パーライトの混入は残留オーステナイト量を減少させ、成形性等の特性を害するため、避ける必要がある。ただし、実質的に特性を害しない範囲(5%未満)で混入してもよい。

【0006】 フェライトはそのピッカース硬度が150以上、かつ、その粒径が5μm以下、かつ、その占積率が50%以上とする。疲労亀裂は軟質相であるフェライトにまず発生するため、フェライトのピッカース硬度を向上させ、その粒径を細かくすることが優れた疲労特性の確保に必要であり、その硬さが150未満、その粒径が5μm超では優れた疲労特性を得ることができない。又、その占積率が50%未満ではフェライト以外の硬質相である第2相が連結し、成形性・低温靱性・疲労特性を劣化させる。従って、いずれか一つでも条件が満たされない場合、優れた成形性、優れた低温靱性及び優れた疲労特性を合わせ持つことが不可能となる。

【0007】 残留オーステナイトはその炭素濃度が0.9%以上、かつ、その粒径が2μm以下、かつ、その占積率が5%以上とする。フェライトでの疲労亀裂発生及びその後の進展を抑制するためには残留オーステナイト

(3)

特開平7-252592

3

が疲労時の応力負荷によりマルテンサイト変態することが有効である。ただし、その炭素濃度が0.9%未満、その粒径が2 $\mu$ m超では残留オーステナイトが不安定であり、上記効果を充分発揮できない。又、その占積率が5%未満では分散がまばらとなり、上記作用を発揮するに不充分である。さらに成形性、低温靱性の観点からもその炭素濃度が0.9%未満、その粒径が2 $\mu$ m超では残留オーステナイトが不安定となるため、又、その占積率が5%未満では、分散がまばらとなるため、いずれか一つでも条件が満たされない場合、優れた特性を得ることが不可能となる。

【0008】次に、化学成分の規制値とその制限理由を説明する。Cは残留オーステナイト（以下、残留 $\gamma$ と称する。）の確保のために、0.05重量%以上添加するが、スポット溶接性の観点から、その添加上限を0.25重量%未満とする。Si、Alはオーステナイトを残留させるために非常に重要な役割を果たすとともに脱酸元素・強化元素としても作用する。すなわちフェライトの生成を促進し、炭化物の生成を抑制することにより、残留 $\gamma$ を確保する作用があるとともに、脱酸作用と強化作用を有する。上記観点から、Si+Alの添加下限量は0.5重量%以上とする必要がある。ただし、Si、Alを過度に添加しても上記効果は飽和し、かえって鋼を脆化させるため、Si+Alの添加上限量は3.5重量%以下とする必要がある。又、特に優れた表面性状が要求される場合は、Si<0.1重量%とすることにより、Siスケールを回避するか、逆にSi $\geq$ 1.0重量%とすることにより、Siスケールを全面に発生させ目立たなくすることが望ましい。

【0009】Mnは強化元素であるとともに、 $\gamma$ を安定化して残留 $\gamma$ を確保する作用がある。上記観点から、Mnの添加下限量は0.5重量%以上とする必要がある。ただし、Mnを過度に添加しても上記効果は飽和し、かえってフェライト変態抑制等の悪影響を生ずるため、M\*

4

\*nの添加上限量は3.5重量%以下とする必要がある。

Pは残留 $\gamma$ の確保に効果があるが、本発明では2次加工性、靱性、スポット溶接性、リサイクルの観点から、上限量を0.05重量%としている。これらの要求が厳格でない場合は0.05%を超えて添加してもよい。Sは硫化物系介在物により、伸びフランジ性（穴抜け比）が劣化するのを防ぐため、その上限量を0.01重量%とする。

【0010】Caは硫化物系介在物の形状制御（球状化）により、穴抜け比をより向上させるために0.0005重量%以上添加するが、効果の飽和さらには介在物の増加による逆効果（穴抜け比の劣化）の点からその上限を0.01重量%とする。又、REMも同様の理由からその添加量を0.005~0.05重量%とする。以上が本発明の主たる成分の添加理由であるが、強度確保、細粒化を目的に、Nb、Ti、Cr、Cu、Ni、V、B、Moを1種又は2種以上添加してもよい。ただし、その添加量が合計で0.2%を超えると本発明のミクロ組織を得ることが困難となるとともにコストが増大するため、上限を0.2%とする。

【0011】

【実施例】表1に示す化学成分を有する鋼を鍛造して得た鋼片を用いて、熱間仕上圧延、冷却、巻取処理を行い、2~4mm tの薄鋼板を得た。鋼板ミクロ組織を表2に、鋼板の成形性、低温靱性及び疲労特性を表3に示す。本発明例がA鋼~F鋼である。比較例がG鋼である。図1はA鋼の圧延方向断面を腐食した倍率1000倍の光学顕微鏡写真である。本発明例では比較例を格段に超える優れた成形性、優れた低温靱性及び優れた疲労特性を合わせ持つ熱延高強度鋼板が得られている。なお、本発明例は曲げ性、2次加工性、スポット溶接性も良好であった。

【0012】

【表1】

(wt%)

鋼	C	Si	Mn	P	S	Al	Ca	Si-Al	備考
A	0.15	2.03	1.8	0.015	0.004	0.01	0.0030	2.04	本発明例
B	0.10	1.05	1.8	0.020	0.003	0.03	—	1.08	本発明例
C	0.20	1.50	1.5	0.008	0.002	0.02	—	1.52	本発明例
D	0.11	2.00	1.1	0.018	0.002	0.02	—	2.02	本発明例
E	0.20	—	1.6	0.013	0.003	1.62	—	1.62	本発明例
F	0.20	0.54	1.4	0.009	0.003	1.07	—	1.61	本発明例
G	0.13	0.30	1.3	0.015	0.003	0.02	—	0.32	比較例

【0013】

【表2】

# BEST AVAILABLE COPY

(4)

特開平7-252592

鋼	V <sub>p</sub>	V <sub>γ</sub>	V <sub>β</sub>	d <sub>p</sub>	d <sub>γ</sub>	H <sub>p</sub>	C <sub>γ</sub>	備考
A	70	8	22	2.1	<2.0	>150	1.08	本発明例
B	70	7	23	2.4	<2.0	>150	0.95	本発明例
C	60	10	30	2.4	<2.0	>150	1.05	本発明例
D	82	6	12	4.8	<2.0	>150	1.15	本発明例
E	60	9	31	2.9	<2.0	>150	1.05	本発明例
F	58	8	34	2.8	<2.0	>150	1.04	本発明例
G	70	0	30	4.0	-	<150	-	比較例

フェライト占積率: V<sub>p</sub> (%),

残留オーステナイト占積率: V<sub>γ</sub> (%),

ベイナイト占積率: V<sub>β</sub> (%),

フェライト粒径: d<sub>p</sub> (μm),

残留オーステナイト粒径: d<sub>γ</sub> (μm),

フェライト硬さ: H<sub>p</sub>、残留オーステナイト中のC濃度: C<sub>γ</sub> (%)

[0014]

\* \* [表3]

鋼	TS	YS	T. El	U. El	L. El	d/d <sub>0</sub>	TS×T. El	TS×d/d <sub>0</sub>	vTrs	F	備考
A	821	578	31	21	10	130	25451	106730	-55	0.51	本発明例
B	639	543	39	27	12	145	24321	92655	<-60	0.46	本発明例
C	812	549	33	23	10	131	26796	106372	-60	0.47	本発明例
D	644	483	40	28	12	141	25760	90809	<-60	0.50	本発明例
E	651	521	38	27	11	137	24732	89187	<-60	0.48	本発明例
F	668	531	37	25	12	135	24716	90180	<-60	0.47	本発明例
G	610	488	26	13	13	140	15660	85400	<-60	0.40	比較例

引張強さ: TS (MPa)、降伏応力: YS (MPa)、全伸び: T. El (%), 一様伸び: U. El (%),

局部伸び: L. El (%), 穴拡大比: d/d<sub>0</sub> (%), 破面遷移温度: vTrs (°C),

疲労限度比: F (200万回疲労強度/引張強さ)

[0015] ミクロ組織は以下の方法で評価した。フェライト粒径及び占積率はナイトール試薬及び特開昭59-219473号公報に開示された試薬により鋼板圧延方向断面を腐食し、倍率1000倍の光学顕微鏡写真より求めた。フェライト硬さはマイクロピッカース試験により求めた。残留オーステナイトの粒径は特開平3-3

51209号で開示された試薬により圧延方向断面を腐食し、倍率1000倍の光学顕微鏡写真より求めた。残留オーステナイト占積率 (V<sub>γ</sub>: 単位は%) はMoor-Kα線によるX線解析で次式に従い、算出した。

[0016]

[数1]

$$V_{\gamma} = \frac{2}{3} \left\{ \frac{100}{0.1 \times \alpha(211) / \gamma(220) + 1} \right\} + \frac{1}{3} \left\{ \frac{100}{0.78 \times \alpha(211) / \gamma(311) + 1} \right\}$$

(α(211), γ(220), α(211), γ(311)は面強度)

(5)

特開平7-252592

7

【0017】残留オーステナイトのC濃度( $C_r$ )はC $\alpha$ -K $\alpha$ 線によるX線解析でオーステナイトの(200)面、(220)面、(113)面、(111)面の反射角から格子定数を求め、次式に従い、算出した。

$$C_r(\%) = (\text{格子定数} - 3.572) / 0.033$$

〔格子定数はオングストローム〕

【0018】特性評価は以下の方法で実施した。引張試験はJIS5号にて実施し、引張強度(TS)、降伏強度(YP)、全伸び(T.E1)、一様伸び(U.E1)、局部伸び(L.E1)、強度-延性バランス(TS×T.E1)を求めた。伸びフランジ性は20mmの打ち抜き穴をバリのない面から30度円錐ポンチで押し抜け、クラックが板厚を貫通した時点での穴径(d)と初期穴径( $d_0$ 、20mm)との穴拡張比( $d/d_0 \times 100$ )を求め、強度-伸びフランジ性バランス(TS× $d/d_0$ )を算出した。靱性は2mmVノッチの1/4サブサイズ試験片で実施し、脆性破面率が50%となる破面遷移温度(vTrs)を求めた。疲労特性は両振り平面曲げ疲労試験により疲労限度比(F)=200万回疲労強度/引張強さを求めた。

20

8

【0019】曲げ性は35mm×70mmの試験片をバリを外側にして、先端0.5Rの90度V曲げを行い、割れを観察した。2次加工性は90mmφの打ち抜き板を絞り比1.8でカップ成形したものを、-50℃で圧壊し、割れを観察した。スポット溶接性はスポット溶接試験片をたがねで剥離した時のナゲット(スポット溶接時に熔融し、その後凝固した部分)内の破断有無を観察した。

【0020】

【発明の効果】本発明により従来にない複合特性を合わせ持つ熱延高強度鋼板、すなわち優れた成形性、優れた低温靱性及び優れた疲労特性を合わせ持つ熱延高強度鋼板を低コストかつ安定的に提供することが可能となったため、熱延高強度鋼板の使用用途・使用条件が格段に広がり、工業上、経済上の効果は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明鋼Aの特願平3-351209号で開示された試菜により圧延方向断面を腐食した金属組織の倍率1000倍の光学顕微鏡写真である。

【図1】

